



doi: 10.11838/sfsc.1673-6257.23736

有机无机肥配施对棉花产量、养分吸收利用及土壤肥力的影响

樊林鑫^{1, 2}, 哈丽哈什·依巴提^{2, 3}, 张 炎^{2, 3*}, 李青军^{2, 3}

(1. 新疆农业大学资源与环境学院, 新疆 乌鲁木齐 830052; 2. 新疆农业科学院土壤肥料与农业节水研究所, 新疆 乌鲁木齐 830091; 3. 农业农村部荒漠绿洲作物生理生态与耕作重点实验室, 新疆 乌鲁木齐 830091)

摘 要: 研究不同有机无机配施比例对新疆地区棉花产量、养分吸收利用率及土壤肥力的影响, 探究适宜的有机无机配施比例, 为新疆棉田有机无机肥配施提供理论参考。试验于 2018 和 2019 年在新疆昌吉市开展, 试验设 6 个施肥处理, 分别为不施氮、单施化肥、低量有机肥配施化肥、中量有机肥配施化肥、高量有机肥配施化肥、加倍有机肥配施化肥。经 2 年施肥后, 2019 年进行取样, 分析不同有机无机配施处理对棉花产量、养分吸收、利用率及棉田土壤肥力的影响。低量有机肥配施化肥处理提高了棉花产量、养分吸收。有机肥配施处理与单施化肥相比, 能改善棉田土壤理化性质。合理有机无机配施能提高棉花产量和养分吸收、利用率及土壤肥力、减少环境污染, 合理有机无机配施是有益于新疆农田可持续利用的施肥技术。

关键词: 棉花; 有机肥; 化肥; 产量; 土壤肥力

新疆是中国棉花高产区, 2022 年新疆棉花产量达 539.1 万 t, 占全国总量的 90.2%^[1]。合理施肥是棉花产量提升的有效途径。近年来, 农户为了追求利益, 在棉花上过量施用化肥, 但产量并未得到显著提升。过量施用化肥不仅造成资源浪费、土壤质量恶化、农田环境污染等危害, 还会威胁棉花产业的持续发展^[2-3]。新疆有机肥资源总量丰富, 年产达 25217 万 t, 合理施用有机肥, 不仅能降低生产成本, 还有利于提高资源利用化程度, 促进新疆棉田可持续利用^[4-5]。随着化肥工业与微生物学研究的有机结合, 传统有机肥兼有养分全、缓效性等特点, 可增加土壤有机质、提高作物产量, 与化肥配施, 在提升土壤有机质、改善土壤理化性状、增加作物产量和提高氮素利用率方面具有显著效果^[6-7]。有机肥能提高土壤养分、改善土壤理化性质和提高土壤酸碱缓冲性等, 促进微生物繁殖^[8-10]。张美良等^[11]在中等肥力土壤试验研究发现, 同等氮素水平下, 有机无机肥配合施用处理与单施化肥处理相比

籽棉产量相当。哈丽哈什·依巴提等^[12]研究有机肥氮替代部分化肥氮试验表明, 与单施化肥相比, 有机氮替代部分化学氮均有利于棉花氮、磷、钾养分吸收, 可提高棉花氮素表观利用率、偏生产力、农学效率和肥料氮贡献率。宋震震等^[13]研究长期施用有机肥对土壤生物学特征的影响, 发现长期施用有机肥显著增加了土壤微生物碳和氮含量, 提高了土壤碱性磷酸酶和蔗糖酶的活性。汪苏洁等^[14]研究发现, 有机肥替代部分化肥能提升土壤肥力, 提高籽棉产量。当前关于有机肥对作物产量和养分吸收影响等研究较多, 综合评价滴灌棉田下有机无机肥配施对棉花产量、养分吸收、氮肥利用率和土壤理化性质的影响鲜有报道。本研究通过连续 2 年定位的有机无机配施试验, 研究 6 个等氮条件下, 不同有机氮配施化肥氮比例对棉花产量、养分吸收、氮肥利用率和土壤理化性质的影响, 探讨有机无机肥配施的最适配比, 为新疆有机肥资源高效利用提供理论依据。

1 材料和方法

1.1 试验概况

本试验于 2018 和 2019 年在昌吉市华兴农场 (44° 15' 22" N, 87° 15' 34" E) 进行, 昌吉属于典型的内陆性荒漠气候, 年平均降水量 280 mm, 年均无霜期 170 d, 年均 $\geq 10^\circ\text{C}$ 积温 3300 $^\circ\text{C}$ 。试验供试土壤为灰漠土, 试验点土壤理化性质见表 1。

收稿日期: 2023-11-30; 录用日期: 2024-01-29

基金项目: 农田智慧施肥项目 (05); 国家重点研发计划 (2016YFD0200102, 2017YFD0201900); 农业农村部荒漠绿洲作物生理生态与耕作重点实验室开放课题 (25107020-201501)。

作者简介: 樊林鑫 (1997-), 硕士研究生, 主要从事棉花养分高效管理研究。E-mail: Fanlinx07@163.com。

通讯作者: 张炎, E-mail: yanzhangxj@163.com。



表 1 供试土壤基础理化性质

土层 (cm)	pH	有机质 (g/kg)	碱解氮 (mg/kg)	有效磷 (mg/kg)	速效钾 (mg/kg)
0~20	8.3	11.3	58.4	24.4	229.0

供试氮肥为尿素, 含 N 46%, 供试磷肥为重过磷酸钙, 含 P_2O_5 46%, 供试钾肥为硫酸钾, 含 K_2O 50%, 供试商品有机肥为牛粪堆肥, 含 N 3.08%、 P_2O_5 1.18%、 K_2O 1.52%, 有机质含量 $\geq 32.5\%$ 。

棉花供试品种为新陆早 48 号, 采取膜下滴灌种植, 一膜 6 行, 株距为 10 cm, 播幅内宽、窄行距配置为 (10+66+10+66+10+66) cm, 2018 年 4 月 18 日播种, 4 月 27 日出苗, 9 月 26 日收获, 2019 年 4 月 20 日播种, 4 月 30 日出苗, 9 月 30 日收获, 生育期灌溉 10 次, 总灌水量 280 m^3 。

1.2 试验设计

试验设 6 个处理, 分别为不施氮 (CK)、单施化肥 (CF N 为 210 kg/hm^2 , P_2O_5 为 100 kg/hm^2 , K_2O 为 90 kg/hm^2)、低量有机肥配施化肥 (CM150 牛粪堆肥 2250 kg/hm^2 + 化肥)、中量有机肥配施化肥 (CM300 牛粪堆肥 4500 kg/hm^2 + 化肥)、高量有机肥配施化肥 (CM450 牛粪堆肥 6750 kg/hm^2 + 化肥)、加倍有机肥配施化肥 (牛粪堆肥 9000 kg/hm^2 + 化肥 CM600)。每个处理重复 3 次, 小区面积为 $7.2\text{ m} \times 6\text{ m}=43.2\text{ m}^2$ 。

有机无机肥配施处理中氮、磷和钾量与单施化肥处理相同, 氮、磷和钾肥不足时分别用尿素、重过磷酸钙和硫酸钾补齐。磷、钾肥和牛粪堆肥作为基肥一次施用, 所有处理追施氮肥, 按照棉花生育期需肥规律在棉花生长期, 分 6 次随水滴施。各个配施处理和单施化肥中化肥氮追肥比例为蕾期: 盛蕾期: 初花期: 盛花期: 花铃期: 盛铃期 = 10% : 20% : 25% : 25% : 10% : 10%。

1.3 测定方法

棉花养分测定: 在棉花收获期, 每个小区选取代表性棉株 3 株, 在 105°C 杀青 30 min, 75°C 烘干至恒重, 称重后粉碎制样。 $\text{H}_2\text{SO}_4\text{-H}_2\text{O}_4$ 法消煮制备待测液, 全氮采用奈氏比色法、全磷采用钼锑抗比色法、全钾采用火焰光度法测定^[15]。

棉花产量测定: 在棉花吐絮期调查每个小区 6.67 m^2 总铃数、总株数, 各小区取棉株上、中、下部位共 50 朵, 测定单铃重。

土壤样品采集与测定: 在连续施肥第 2 年后, 于 2019 年收获后采集试验区土壤样品, 采集深度

0 ~ 20 cm, 每个小区采用“S”形取样, 剔除砾石和植物残根, 风干过筛。有机质含量采用重铬酸钾氧化-外加热法测定; 全氮含量采用凯氏定氮法测定; 全磷含量采用酸溶-钼锑抗比色法测定; 全钾含量采用酸溶-火焰光度法测定; 铵态氮含量采用靛酚蓝比色法测定; 硝态氮含量采用紫外分光光度法测定; 有效磷含量采用碳酸氢钠浸提-钼锑抗比色法测定; 速效钾含量采用乙酸铵提取-火焰光度法测定; pH 采用水土比 2.5 : 1 浸提-电位法测定。方法参照《土壤农化分析》^[16]。

1.4 氮肥利用效率的计算方法^[16]:

氮表观利用率 (%) = (施氮区作物吸氮量 - 不施氮区作物吸氮量) / 施氮量 $\times 100$;

氮偏生产力 (kg/kg) = 施肥区籽棉产量 / 施氮量;

氮农学效率 (kg/kg) = (施氮区产量 - 不施氮区产量) / 施氮量

1.5 数据处理与统计分析

试验数据采用 Excel 2022 进行整理, SPSS 21.0 进行统计分析, 多重比较采用 Duncan 法 ($P < 0.05$), Origin 2022 绘图。

2 结果与分析

2.1 有机无机肥配施对棉花产量及产量构成的影响

由表 2 可知, 有机无机肥配施可以促进棉花单株铃数的增加, 2018 年 CM150 处理较 CF、CM450 处理间无显著差异, 但显著高于 CK、CM300、CM600 处理; 2019 年 CM150 处理较 CF 处理差异不显著, 但显著高于 CK、CM300、CM450、CM600 处理。从单铃重来看, 随着有机配施比例的增加, 呈先上升再下降的趋势, 2018 年有机配施 CM150 处理单铃重最大, 显著高于 CK、CF、CM450、CM600 处理; 2019 年 CM150 处理单铃重较 CK、CM450、CM600 处理显著增加, 但与 CF 和 CM300 处理差异不显著。从产量上看, 随着有机配施比例的增加, 产量呈减少趋势, CM150 处理产量最高, 2018 年 CM150 处理较 CF 处理差异不显著, 较 CK、CM300、CM450、CM600 处理增产显著, 分别增产 14.00%、5.51%、6.36%、9.90%, 2019 年 CM150 处理较 CF 和

CM300 处理产量差异不显著, 但较 CK、CM450 和 CM600 处理分别显著增产 24.33%、6.72% 和 7.61%。总的来说, CM150 处理有机配施比例优于其他处理, 但随着有机配施比例的增加, 其处理相对应棉花的产量呈下降趋势。双因素方差分析显示, 不同年份对株数和单铃重作用不显著 ($P>0.05$), 但对单株铃数和产量作用呈极显著 ($P<0.001$); 不同处理对株数作用不显著 ($P>0.05$), 但对单株铃数、单铃重和产量呈极显著 ($P<0.001$); 不同年份、不同处理对单株铃数交互作用呈极显著 ($P<0.001$), 对产量交互作用呈极显著 ($P<0.01$), 但对株数和单铃重交互作用不显著 ($P>0.05$)。

表 2 施肥对棉花产量及产量构成的影响

年份	处理	株数 (株 /hm ²)	单株铃数 (个)	单铃重 (g)	产量 (kg/hm ²)
2018	CK	181709a	5.25c	5.27d	5028d
	CF	181250a	5.44a	5.61b	5531ab
	CM150	183750a	5.50a	5.75a	5731a
	CM300	180710a	5.31bc	5.66b	5432bc
	CM450	181250a	5.38ab	5.53c	5389bc
	CM600	181327a	5.25c	5.48c	5215cd
2019	CK	181472a	5.41c	5.12d	5022d
	CF	183333a	5.84ab	5.69ab	6100a
	CM150	183681a	5.90a	5.76a	6244a
	CM300	183025a	5.83b	5.68ab	6060ab
	CM450	181019a	5.82b	5.55bc	5851bc
	CM600	181233a	5.80b	5.52b	5803c
年份		0.293	0.000***	0.919	0.000***
处理		0.162	0.000***	0.000***	0.000***
年份 × 处理		0.609	0.000***	0.059	0.002**

注: 同一年份同一列不同字母表示处理间差异达到显著性水平 ($P<0.05$); *、**、*** 分别表示在 $P<0.05$ 、 $P<0.01$ 、 $P<0.001$ 水平上显著。下同。

2.2 有机无机肥配施对棉花氮、磷、钾养分吸收积累的影响

由图 1 可知, 不同年份有机无机肥配施均对棉花养分吸收产生了显著差异。2018 年 CM150 处理氮积累量最高, 较 CF 处理无显著差异, 较 CK、CM300、CM450、CM600 处理显著提高, 分别提高 70.88%、6.49%、19.45%、21.56%; CF 处理磷积累量最高, 与 CM150 和 CM300 处理无显著差异, 但较 CK、CM450 和 CM600 处理差异显著, 分别提高 31.43%、5.77% 和 6.16%; 钾积累量 CM150 处理最高, 较 CF 处理无显著差异, 但显著高于 CK 及其余有机无机配施处理, 较 CK、CM300、CM450、CM600 处理分别提高 67.88%、5.92%、10.03%、

11.28%, 与氮积累量呈现相同趋势 (图 1a、b、c)。2019 年 CM150 处理氮积累量较 CF 和 CM300 处理无显著差异, 但较 CK、CM450 和 CM600 处理差异显著, 分别提高 54.52%、11.70% 和 28.73%; CM150 处理磷积累量较 CF 和 CM450 处理差异不显著, 但较 CK、CM300 和 CM600 处理显著提高 22.81%、5.52% 和 32.43%; 钾积累量 CM150 处理最高, 较 CM300 处理无显著差异, 但较 CK、CF、CM450、CM600 处理显著提高 32.21%、13.73%、19.51%、28.74%, 与氮积累量呈现相同趋势 (图 1d、e、f)。综合氮、磷、钾养分积累量, 有机无机肥配施中 CM150 处理促进棉花对氮、磷、钾养分的吸收。

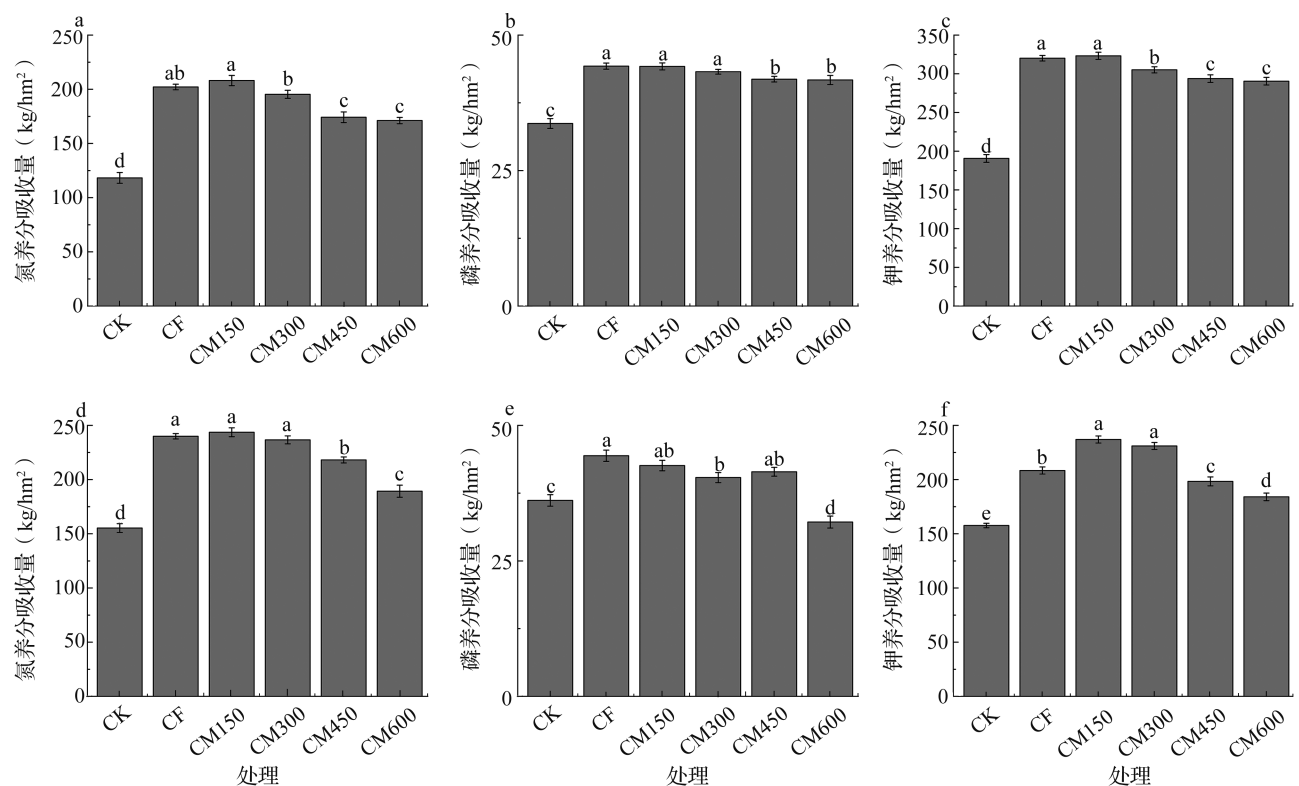


图 1 2018 和 2019 年不同施肥处理对棉花养分积累量的影响

注: a 为 2018 年棉花氮积累量, b 为 2018 年棉花磷积累量, c 为 2018 年棉花钾积累量; d 为 2019 年棉花氮积累量, e 为 2019 年棉花磷积累量, f 为 2019 年棉花钾积累量。不同字母表示处理间差异达到显著性水平 ($P<0.05$)。

2.3 有机无机肥配施对棉花氮素利用效率的影响

由表 3 可知, 2018 和 2019 年, CM150 处理的氮表观利用率均为最高, 但较 CF 处理差异未达

到显著水平。2018 年氮表观利用率 CM150 较 CF 处理提高 2.83 个百分点, 较 CM300、CM450 和 CM600 处理差异显著, 分别提高 6.03、16.13 和

表 3 不同施肥处理对棉花氮利用效率的影响

年份	处理	氮表观利用率 (%)	氮偏生产力 (kg/kg)	氮农学效率 (kg/kg)
2018	CF	39.92ab	26.34b	2.40b
	CM150	42.75a	27.29a	3.35a
	CM300	36.71b	25.87b	1.93b
	CM450	26.62c	25.66bc	1.72bc
	CM600	25.18c	24.83c	0.89c
2019	CF	40.32ab	29.05a	5.13a
	CM150	42.07a	29.73a	5.82a
	CM300	38.73b	28.86ab	4.94ab
	CM450	29.91c	27.86bc	3.95bc
	CM600	16.17d	27.63c	3.72c
年份		0.278	0.000***	0.000***
处理		0.000***	0.000***	0.000***
年份 × 处理		0.000***	0.696	0.707

17.57 个百分点。2019 年氮表观利用率 CM150 处理较 CF 处理提高 1.75 个百分点, 较 CM300、CM450 和 CM600 处理差异显著, 分别提高 3.34、12.16 和 25.89 个百分点。氮偏生产力 2018 年 CM150 处理显著高于 CF 和 CM300、CM450、CM600 处理, 分别增加 0.96 和 1.43、1.63、2.46 kg/kg, 2019 年 CM150 处理为最高, 较 CF 和 CM300 处理没有显著差异, 但较 CM450、CM600 处理分别显著提高 1.87、2.10 kg/kg。氮农学效率 2018 和 2019 年均表现为 CM150>CF>CM300>CM450>CM600。双因素方差分析, 不同年份对氮表观利用率作用不显著 ($P>0.05$), 但对氮偏生产力和氮农学效率作用呈极显著 ($P<0.001$); 不同处理对氮表观利用率、氮偏生产力和氮农学效率作用均呈极显著 ($P<0.001$); 不同年份、不同处理对氮表观利用率交互作用呈极显著 ($P<0.001$), 但对氮偏生产力和氮农学效率交互作用不显著 ($P>0.05$)。

2.4 有机无机肥配施对棉田土壤理化性质的影响

由表 4 可知, 施肥后的土壤理化性质可有效表征农作物生长、养分转化和吸收利用情况。不同有机无机肥配施处理下有机质、全氮、全磷、全钾、硝态氮、铵态氮、有效磷、速效钾含量存在明显差异。土壤有机质含量与硝态氮、铵态氮含量呈显著正相关, CM150 处理较 CK 处理有机质含量提高 8.69%, 较 CF

处理无显著差异, 但 CM300、CM450、CM600 与 CF 处理相比, 有机质含量分别增加 6.54%、13.78%、16.58%, 总体表现随着有机配施比例的增加而增加。土壤全氮含量在 CM150 处理分别显著高于 CK、CF 处理 22.99%、12.27%, 但较其余有机替代处理无显著差异, 整体呈现先增长后降低的趋势。全磷含量在 CM450 处理最高, 分别显著高于 CK、CF 处理 15.86%、14.34%。全钾含量在 CM150 处理为最高, 分别显著高于 CK、CF 处理 19.40%、13.37%, 较 CM300、CM450、CM600 处理分别显著提高 8.39%、5.25%、12.83%, 全钾含量在 CM150 处理达到最高, 随有机肥增加而降低。土壤硝态氮、铵态氮含量均在 CM600 处理最高, 呈现随有机配施比例的提高而提高, CM600、CM450、CM300、CM150 较 CF 处理硝态氮含量分别提高 53.67%、10.29%、3.10%、4.29%, 铵态氮含量分别提高 34.63%、5.13%、13.77%、10.13%。有效磷含量表现为 CM300、CM450、CM600 处理与 CF 处理相比分别增加 31.70%、85.00%、9.36%, 有机配施处理均显著高于 CK 处理, 总体表现随着有机配施的施用量的增加, 呈先上升再降低的趋势, 其中 CM450 处理全磷、有效磷含量最高。速效钾含量表现为 CM300、CM450、CM600 处理较 CF 处理分别显著提高 21.13%、19.96%、15.16%, 有机配施处理均显著高于 CK 处理。

表 4 不同施肥处理对土壤理化性质的影响

处理	pH	有机质 (g/kg)	全氮 (g/kg)	全磷 (g/kg)	全钾 (g/kg)	硝态氮 (mg/kg)	铵态氮 (mg/kg)	有效磷 (mg/kg)	速效钾 (mg/kg)
CK	8.22a	10.88d	0.22c	1.06d	8.53d	6.50d	4.63c	24.00d	254.28d
CF	8.18a	11.45cd	0.24b	1.08cd	8.98c	8.11c	5.33c	32.41c	274.17c
CM150	8.14a	11.83cd	0.27a	1.11c	10.19a	8.46bc	5.87b	36.90c	276.23c
CM300	8.16a	12.19bc	0.26ab	1.22a	9.40b	8.36c	6.18b	42.68b	332.10a
CM450	8.15a	13.02ab	0.26ab	1.23a	9.68b	8.95b	5.62b	59.96a	328.89a
CM600	8.13a	13.34a	0.25ab	1.18b	9.03c	12.47a	7.18a	35.44c	315.72b

注: 同列不同字母表示处理间差异达到显著性水平 ($P<0.05$)。

3 讨论

3.1 有机无机肥配施对棉花产量及产量构成的影响

研究表明, 适宜的有机无机肥配施比例, 能促进作物产量增加, 但过高的有机配施比例会造成不同程度的减产。哈丽哈什·依巴提等^[17]研究发现, 相比单施化肥, 有机肥与化肥配施处理中低量有机肥配施化肥 (鸡粪堆肥 1500 kg/hm²+ 化肥) 显

著增加棉花产量, 增产率为 9.1%。温延臣等^[18]研究发现, 有机肥替代处理与单施化肥处理间籽棉产量无显著差异, 但减少化肥用量增加有机肥施用, 不仅能保证作物产量, 而且可以培肥地力, 有利于土壤可持续利用。本试验结果发现, CM150 处理产量最高, 2018 年 CM150 处理较其他处理提高 3.63% ~ 9.90%; 2019 年提高 2.36% ~ 7.61%。适宜的有机无机肥配施比例能增加作物产量^[12, 14],



与前人研究结论相类似。总体来说,有机无机肥配施处理,既能保证棉花产量,还能提高土壤养分,是一种有利于农田可持续利用的施肥技术。

3.2 有机无机肥配施对棉花氮、磷、钾养分吸收积累的影响

棉花养分积累量是棉花吸收养分的体现。谢军等^[19]研究发现有机肥氮替代部分化肥氮促进了玉米对氮的吸收累积和向籽粒的转运。赵吉霞等^[20]研究发现有机无机肥配施处理下的秸秆吸氮量较单施氮肥处理高,且在有机肥等氮替代 30% 基施化肥时达到峰值。本研究结果表明,CM150 处理能保证与单施化肥相同的养分吸收量,2018 年 CM150 处理氮、磷、钾吸收量较单施化肥没有显著差异,但 CM150 处理养分吸收量高于单施化肥;2019 年氮、磷吸收量与单施化肥处理均无显著差异,但钾吸收显著高于单施化肥。这可能是有机肥施入土壤后,由于施肥年限较短,矿化过程缓慢,分解不彻底,使得有机肥在土壤中释放养分具有一定滞后性,需要配施无机肥加速微生物分解与合成,从而使得养分释放稳定,为棉花生产持续供应养分。其中 CM150 处理试验效果最佳,能保证棉株整个生育时期所需氮、磷、钾养分供应。

3.3 有机无机肥配施对棉花肥料利用率的影响

肥料利用率是衡量肥料合理施用的重要参考指标^[21]。孟琳等^[22]研究认为,同等施氮水平下,与单施化肥相比,有机肥与化肥的配施处理能显著提高作物对氮素的回收效率、农学效率以及氮累积量。申长卫等^[23]研究发现,冬小麦 20% 有机替代处理氮素偏生产力、氮素回收率和氮肥农学效率都显著高于单施化肥处理,这与本试验所得结果一致。本研究结果表明,CM150 处理的氮素利用率、偏生产力和农学效率均为最高,这是因为有机肥料氮替代部分化肥氮能够促进棉花对氮素的吸收,同时能够使土壤获得较为平稳的氮素供应过程。有机肥能够改良土壤理化性质,为作物提供更好的生长环境,而无机肥则提供及时的短效营养。所以两者配施比例适当时,有利于土壤氮素的持续供应,促进作物对氮素吸收利用,减少氮素流失量。总体来说,适宜比例的有机无机肥配施,既能保证作物产量,又能节约肥料资源和保护农田生态环境。

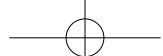
3.4 有机无机肥配施对棉田土壤理化性质的影响

土壤理化性质决定其生产能力,土壤肥力水平的提升有利于作物产量的提升^[24]。李彦等^[25]通

过定位试验发现,长期施用有机肥能明显提高土壤有机质含量,且随有机肥施用年限的增加而增大,增加速率呈现先增大后减小的趋势。有机肥中的有机质被吸收到土壤中,对土壤的物理、化学和生物特性都会产生积极影响。本试验中最高替代量对土壤有机质提升最大,土壤硝态氮和铵态氮、有机质均呈现 CM600 处理最高,可能随着有机肥施用量的增加,土壤微生物和酶活性也随之增加,促进氮肥养分转换,化肥减量配施有机肥有利于土壤有效态氮的增加。主要归因于有机肥料中的有机组分及有机肥分解过程中的中间产物如氨基酸、核酸、多糖、活性酶、有机酸、生长素、维生素等,它们可以通过溶解、络合活化土壤养分(磷、微量元素),提高其有效性,也可以通过生理调节作用影响根系的某些生理功能和养分的吸收。汪苏洁等^[14]研究发现有机肥替代处理较单施化肥处理间的土壤 pH 相近,单施有机肥处理土壤有效磷含量最高。这与本试验所得结果基本一致。本研究结果表明,有机肥与化肥配施后,各处理之间土壤 pH 差异不显著,可能与土壤缓冲能力强、施肥年限短、土壤酸碱度影响变化还未反映有关。吕凤莲等^[26]研究发现有机肥处理相比单施化肥全氮含量增加 9% ~ 22%,与本试验结果一致。有机无机肥配施处理间土壤全氮含量无显著差异,但配施有机肥处理较单施化肥处理显著提升 5.88% ~ 12.27%。CM450 处理土壤全磷、有效磷含量最高,随着配施有机肥的施用量增加磷含量也增加,在 CM450 处理达到最高,随后再降低,呈先上升再下降的趋势。主要是因为有机肥施入土壤后,有机肥能促进无机磷的溶解,增加土壤磷含量。总体来看,有机无机肥配施棉田中有机质、有效磷、速效钾、硝态氮和铵态氮含量都有着不同程度地提高。有机肥能调节土壤养分库存,化肥能供给微生物生长发育的营养,进而促进有机肥的分解与合成,提高土壤活力。化肥减量配施有机肥可维持或一定程度增加土壤养分含量,保证棉花整个生育时期的养分供应。

4 结论

(1) 有机无机肥配施有利于棉花稳产增产,有机无机肥配施 CM150 处理产量 2 年均为最高。CM150 处理较单施化肥处理产量增加 3.63% 和 2.36%;较不施氮肥对照产量分别增加 14.00% 和 24.33%。



(2) 有机无机肥配施能够对棉花氮、钾养分吸收起促进作用, CM150 处理较单施化肥处理氮吸收增加 2.94%、钾吸收增加 13.73%。

(3) 有机无机肥配施显著提高氮素表观利用率, 2018 和 2019 年 CM150 处理氮肥表观利用率分别为 42.75% 和 42.07%, 较 CF 处理分别提高 2.83 和 1.75 个百分点。

(4) 连续 2 年有机无机肥配施对土壤肥力有改善作用, 有机肥 CM150 处理效果最好。施用有机肥与单施化肥相比对土壤有机质、硝态氮、铵态氮、有效磷、速效钾含量有着明显提升。从培肥土壤角度出发, 综合籽棉产量、养分吸收、肥料利用率等方面, 有机无机肥配施是有益于新疆棉田绿色可持续发展的施肥技术。

参考文献:

[1] 梁京文. 2022 年我国棉花产量实现增长 [N]. 粮油市场报, 2022-12-27 (A01).

[2] 张国印, 孙世友, 张志鹏, 等. 施肥耕作等农业措施对土壤质量的影响 [J]. 河北农业科学, 2000, 4 (3): 16-22.

[3] 奚振邦, 王寓群, 杨佩珍. 中国现代农业发展中的有机肥问题 [J]. 中国农业科学, 2004, 37 (12): 1874-1878.

[4] 贾登泉, 阿曼古丽, 王飞, 等. 新疆有机肥料资源及其利用现状 [C] // 中国土壤学会. 土壤科学与生态文明 (上册) ——中国土壤学会第十三次全国会员代表大会暨第十一届海峡两岸土壤肥科学术交流研讨会论文集. 乌鲁木齐: 新疆土壤肥料工作站, 新疆农村能源工作站, 新疆农科院植保所, 2016: 12.

[5] 赖波, 汤明亮, 柴仲平, 等. 新疆农田化肥施用现状调查与评价 [J]. 干旱区研究, 2014, 31 (6): 1024-1030.

[6] 唐继伟, 徐久凯, 温延臣, 等. 长期单施有机肥和化肥对土壤养分和小麦产量的影响 [J]. 植物营养与肥料学报, 2019, 25 (11): 1827-1834.

[7] 刘守龙, 童成立, 吴金水, 等. 等氮条件下有机无机肥配比对水稻产量的影响探讨 [J]. 土壤学报, 2007, 42 (1): 106-112.

[8] 江春, 黄菁华, 李修强, 等. 长期施用有机肥对红壤旱地土壤线虫群落的影响 [J]. 土壤学报, 2011, 48 (6): 1235-1241.

[9] 孟红旗, 吕家珑, 徐明岗, 等. 有机肥的碱度及其减缓土壤酸化的机制 [J]. 植物营养与肥料学报, 2012, 18 (5): 1153-1160.

[10] Gu L M, Liu T N, Zhao J, et al. Nitrate leaching of winter wheat grown in lysimeters as affected by fertilizers and irrigation on the North China Plain [J]. Journal of Integrative Agriculture,

2015, 14 (2): 374-388.

[11] 张美良, 刘桂华, 唐建军, 等. 有机无机氮肥配施对棉花产量形成和干物质生产特性的影响研究 [J]. 江西棉花, 2003 (3): 10-14.

[12] 哈丽哈什·依巴提, 李青军, 张炎. 有机肥氮替代部分化肥氮对棉花养分吸收、氮素利用和产量的影响 [J]. 中国土壤与肥料, 2019 (3): 137-142.

[13] 宋震震, 李絮花, 李娟, 等. 有机肥和化肥长期施用对土壤活性有机氮组分及酶活性的影响 [J]. 植物营养与肥料学报, 2014, 20 (3): 525-533.

[14] 汪苏洁, 贵会平, 董强, 等. 有机肥替代对棉花养分积累、产量及土壤肥力的影响 [J]. 棉花学报, 2021, 33 (1): 54-65.

[15] 邹娟, 鲁剑巍, 陈防, 等. 冬油菜施氮的增产和养分吸收效应及氮肥利用率研究 [J]. 中国农业科学, 2011, 44 (4): 745-752.

[16] 鲍士旦. 土壤农化分析 [M]. 3 版. 北京: 中国农业出版社, 2000: 25-38.

[17] 哈丽哈什·依巴提, 李青军, 张炎. 有机无机配施对棉花氮磷钾养分吸收和产量的影响 [J]. 新疆农业科学, 2020, 57 (6): 1049-1056.

[18] 温延臣, 张曰东, 袁亮, 等. 商品有机肥替代化肥对作物产量和土壤肥力的影响 [J]. 中国农业科学, 2018, 51 (11): 2136-2142.

[19] 谢军, 赵亚南, 陈轩敬, 等. 有机肥氮替代化肥氮提高玉米产量和氮素吸收利用效率 [J]. 中国农业科学, 2016, 49 (20): 3934-3943.

[20] 赵吉霞, 禹妍彤, 周芸, 等. 有机肥等氮替代化肥对玉米产量和氮素吸收利用效率的影响 [J]. 水土保持研究, 2022, 29 (5): 374-381.

[21] Jin D D, Gao J P, Jiang P, et al. Nitrogen use efficiency and rice yield of different locations in Northeast China [J]. National Academy Science Letters, 2017, 40 (4): 227-232.

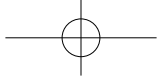
[22] 孟琳, 张小莉, 蒋小芳, 等. 有机肥料氮替代部分无机氮对水稻产量的影响及替代率研究 [J]. 植物营养与肥料学报, 2009, 15 (2): 290-296.

[23] 申长卫, 袁敬平, 李新华, 等. 有机肥氮替代 20% 化肥氮提高豫北冬小麦氮肥利用率和土壤肥力 [J]. 植物营养与肥料学报, 2020, 26 (8): 1395-1406.

[24] 宋春雨, 张兴义, 刘晓冰, 等. 土壤有机质对土壤肥力与作物生产力的影响 [J]. 农业系统科学与综合研究, 2008 (3): 357-362.

[25] 李彦, 孙翠平, 井永苹, 等. 长期施用有机肥对潮土土壤肥力及硝态氮运移规律的影响 [J]. 农业环境科学学报, 2017, 36 (7): 1386-1394.

[26] 吕凤莲, 侯苗苗, 张弘毅, 等. 垆土冬小麦-夏玉米轮作体系有机肥替代化肥比例研究 [J]. 植物营养与肥料学报, 2018, 24 (1): 22-32.



Effects of combined application of organic and inorganic fertilizers on cotton yield, nutrient absorption and utilization and soil fertility

FAN Lin-xin^{1, 2}, Halihash · Ibat^{2, 3}, ZHANG Yan^{2, 3*}, LI Qing-jun^{2, 3} (1. College of Resources and Environment, Xinjiang Agricultural University, Urumqi Xinjiang 830052; 2. Institute of Soil Fertilizer and Agricultural Water Saving, Xinjiang Academy of Agricultural Sciences, Urumqi Xinjiang 830091; 3. Key Laboratory of Desert Oasis Crop Physiology, Ecology and Cultivation, Ministry of Agriculture and Rural Affairs, Urumqi Xinjiang 830091)

Abstract: The effects of different organic and inorganic application ratios on cotton yield, nutrient absorption and utilization and soil fertility in Xinjiang were studied, and the appropriate organic and inorganic application ratios was explored in order to provide theoretical reference for the combined application of organic and inorganic fertilizer in cotton fields in Xinjiang. The experiment was carried out in Changji city, Xinjiang province in 2018 and 2019. Six fertilization treatments were conducted, including no nitrogen application, single fertilizer application, low amount of organic fertilizer combined with chemical fertilizer, middle amount of organic fertilizer combined with chemical fertilizer, high amount of organic fertilizer combined with chemical fertilizer, double organic fertilizer and fertilizer application. After two years of fertilization, samples were collected in 2019 to analyze the effects of different organic and inorganic application treatments on cotton yield, nutrient absorption, utilization rate and soil fertility in cotton fields. The results showed that low amount of organic fertilizer combined with chemical fertilizer treatment increased cotton yield and nutrient absorption. The combined application of organic fertilizer and chemical fertilizer improved the physical and chemical properties of cotton soil compared with the single application of chemical fertilizer. Reasonable organic and inorganic application could improve cotton yield, nutrient absorption, utilization rate, soil fertility and reduce environmental pollution. Reasonable organic and inorganic combined application is a fertilization technology conducive to sustainable utilization of farmland in Xinjiang.

Key words: cotton; organic fertilizer; chemical fertilizer; yield; soil fertility